

## ОТЗЫВ

**на автореферат диссертации Лю Наньнань на тему «Изучение механизмов тепловыделения в магнитных наночастицах, перспективных для лечения рака с помощью магнитной гипертермии: магнитотепловые свойства наночастиц феррита ZnMn», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.12 – Физика магнитных явлений**

**Актуальность** диссертационной работы Лю Наньнань, посвященной повышению эффективности тепловыделения на относительно низких частотах магнитных наночастиц (МНЧ) смешанного ZnMn-феррита со структурой шпинели в ходе противораковой процедуры магнитожидкостной гипертермии (МГ), определяется большим клиническими перспективами этого метода терапии онкологических заболеваний.

**К преимуществам** данной работы относится системный подход к изучению заявленной темы, примененный автором диссертации. Магнитотепловые свойства МНЧ исследованы на примере нетоксичных и биосовместимых наночастиц феррита  $(\text{ZnMn})\text{Fe}_2\text{O}_4$ , при этом анализ проводили для частиц разных размеров, как неотожженных, так и подвергнутых отжигу, как в виде водного раствора или раствора в глицерине, так и в виде коллоидного раствора.

В автореферате содержится описание большого количества экспериментов, имеющих **фундаментальное** значение для развития МГ-терапии. В частности, соискателем обнаружена отличная от квадратичной (примерно 5-й степени) зависимость выделяемой энергии от частоты внешнего магнитного поля для крупных наночастиц ZnMn-феррита. Этот результат позволяет в определенной мере разрешить трилемму МГ («характеристики поля-размер-состав») посредством увеличения амплитуды переменного магнитного поля при максимально возможном уменьшении его частоты. Таким образом, предлагается заменить стандартный подход для повышения эффективности магнитного нагрева при МГ путем увеличения частоты внешнего магнитного поля до опасного для человека уровня 300-500 кГц, на предложенный и апробированный соискателем на МНЧ ZnMn-феррита, базирующийся на максимально возможном уменьшении частоты поля (вплоть до 100 кГц), при одновременном увеличении его амплитуды (до 100 Э). Полученный результат позволяет одновременно повысить эффективность метода МГ и существенно уменьшить его неблагоприятное воздействие на здоровые ткани, тем самым расширяя спектр реальных клинических применений МГ при терапии раковых заболеваний.

Актуальность, научная новизна, практическая значимость и достоверность результатов исследований Лю Наньнань подтверждаются публикациями соискателя: 7 статей в реферируемых научных изданиях, из них 4 статьи – в базах цитирования WoS и Scopus, 4 статьи в трудах всероссийских и международных конференций. Выводы, сформулированные автором по работе, полностью соответствуют поставленным задачам.

**Автореферат** полностью отражает содержание диссертации, однако по его содержанию можно сделать следующие **замечания**:

1. В табл. 1 приведены «магнитные параметры» и, в частности «намагниченность насыщения». На мой взгляд, во-первых, здесь корректнее было бы использовать термин «удельная намагниченность насыщения», а, во-вторых, на рис. 9 видно, что в поле напряжённостью 1.5 кЭ состояние насыщения для МНЧ без покрытия не было достигнуто, т.е. соответствующий столбец в табл. 1 следовало бы озаглавить «удельная намагниченность в поле 1.5 кЭ», и этот же термин использовать в тексте на стр. 18.

2. Автореферат содержит опечатки, орфографические и стилистические погрешности (например, на стр. 3, 6, 7, 11, 14, 15, 18 и др.), однако их количество не является критическим и не влияет на сущностное понимание работы.

Указанные замечания являются **уточняющими** и не оказывают влияния на общую положительную оценку диссертационной работы.

В конечном итоге, если судить по содержанию автореферата, диссертационная работа Лю Наньнань по совокупности полученных результатов, научной новизне и практической значимости полностью **отвечает требованиям**, предъявляемым Московским государственным университетом имени М.В. Ломоносова к кандидатским диссертациям, а её автор, Лю Наньнань, безусловно **заслуживает присуждения** учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.12 – Физика магнитных явлений.

Заведующий кафедрой физического материаловедения федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС», к.ф.-м.н.

Савченко Александр Григорьевич

«14» мая 2024 г.

Контактные данные:

Адрес: 119049, г. Москва, Ленинский просп., д. 4, стр. 1

Телефон: +7 495 955-01-33

Адрес электронной почты: [savchenko@misis.ru](mailto:savchenko@misis.ru)

Подпись Савченко А.Г. УДОСТОВЕРЯЮ:



КУЗНЕЦОВА А.В.  
14.05.2024.